

Artigo Original

Equilíbrio dinâmico em adolescentes com Síndrome de Down e adolescentes com desenvolvimento típicoTatiane Flávia de Oliveira¹José Luiz Lopes Vieira²Aurélio Izumi Grimble Gonçalves dos Santos¹Victor Hugo Alves Okazaki¹

¹ Neurociências Motoras (NEMO), Grupo de Estudos e Pesquisa em Desenvolvimento e Aprendizagem Motora (GEPEDAM) e Programa de Educação Tutorial da Educação Física (PET-EF), Universidade Estadual de Londrina, Londrina, PR, Brasil

² Universidade Estadual de Maringá, Maringá, PR, Brasil

Resumo: O presente estudo analisou o equilíbrio dinâmico de adolescentes com síndrome de Down (SD) e adolescentes com desenvolvimento típico (DT). Participaram do estudo 14 adolescentes com SD e 22 com DT que tinham que manter o equilíbrio sobre uma plataforma instável. O equilíbrio foi analisado em condições com e sem visão, em apoio bipodal nas posições com os pés paralelos e em semi-tandem. Ambos os grupos apresentaram um desempenho inferior nas condições em que a visão foi ocluída. Porém, os adolescentes com SD apresentaram maior instabilidade no equilíbrio dinâmico em relação aos adolescentes com DT, tanto nas condições com visão quanto nas sem visão. Esses resultados foram explicados pelas características normalmente verificadas em pessoas com SD, tais como: hipotonia muscular, frouxidão ligamentar e a dificuldade na integração percepção-ação.

Palavras-chave: Postura. Equilíbrio postural. Síndrome de Down.

Dynamic Balance in teenagers with Down Syndrome and teenagers with typical development

Abstract: The present study analyzed the dynamic balance of teenagers with Down syndrome (DS) and teenagers with typical development (TD). Fourteen 14 teenagers with DS and 22 teenagers with typical development (TD) performed the task of trying to keep their balance on a unstable platform. Balance was analyzed in conditions with and without vision, in the bipodal basis of support with the parallels feet and semi-tandem. Both groups showed a worse performance in the conditions with no vision. However, the teenagers with DS showed greater instability in the dynamic balance in comparison to the teenagers with TD for both, vision and non-vision conditions. Such results were explained by the characteristics normally verified in people with DS, such as: muscular hypotonic, ligamentous laxity, and the difficulty in the action-perception integration.

Keywords: Posture. Postural balance. Down Syndrome.

Introdução

O controle postural apresenta duas funções principais, a orientação e a estabilidade corporal (HORAK; MACPHERSON, 1996; HORAK, 2006). A orientação corporal refere-se ao posicionamento e ao alinhamento adequado entre os segmentos do corpo e entre o corpo e o ambiente. A estabilidade, ou equilíbrio, é o estado no qual as forças que atuam sobre o corpo se encontram balanceadas para mantê-lo na orientação e na posição desejada (HORAK; MACPHERSON, 1996). Desta forma, pode-se dizer que a função básica do equilíbrio é a manutenção da estabilidade corporal tanto em condição estática (repouso) quanto dinâmica (movimentos controlados) (HORAK; MACPHERSON, 1996; BARELA, 2000; HORAK, 2006).

Um sistema é considerado estável quando o movimento não é significativamente alterado a partir da trajetória desejada, mesmo quando submetido às perturbações (DUARTE, 2000). Para manter a estabilidade corporal é necessária a integração das informações sensoriais, para avaliar a posição e o movimento do corpo no espaço (percepção), com a capacidade de produzir forças para controlar os sistemas de posicionamento do corpo (ação) (HORAK; MACPHERSON, 1996; BARELA, 2000; HORAK, 2006). Quando esta integração entre percepção e ação não ocorre propriamente, há maior instabilidade no equilíbrio. Neste caso, mesmo pequenas perturbações, frequentes em situações dinâmicas, ocasionam quedas. Por conseguinte, a análise de situações de instabilidade que gerem perturbações no sistema de equilíbrio é

importante para o entendimento das estratégias utilizadas pelo sistema de controle postural para a integração percepção-ação. Ademais, ainda não são totalmente conhecidos os efeitos de alterações provindas de distúrbios no sistema motor.

O sistema motor é responsável por gerar atividades musculares adequadas para a manutenção do equilíbrio e para orientação corporal desejada (BARELA, 2000). Para tal, o sistema motor é auxiliado pela atividade muscular tônica dos músculos antigravitacionais associada à rigidez intersegmentar gerada pelas articulações (cápsula articular e ligamentos) e componentes passivos dos músculos (tecidos conjuntivos elásticos) (HORAK; MACPHERSON, 1996). Desta forma, a hipotonia e a frouxidão ligamentar, características muito frequentes em pessoas com síndrome de Down (SD), poderiam ocasionar uma capacidade de manutenção do equilíbrio mais debilitada, uma vez que a combinação destes problemas impede a estabilização articular (GALLI et al., 2008; MENEGHETTI et al., 2009; RIGOLDI et al., 2011). Ademais, pessoas com SD tendem a apresentar outras características que também poderiam comprometer a manutenção do equilíbrio, tais como: dificuldades na coordenação motora, hipoplasia cerebelar, co-contracção da musculatura agonista-antagonista, dificuldade na integração percepção-ação e movimentos lentos para se adaptar à tarefa e às condições mutáveis do ambiente, além de serem menos capazes de fazer ajustes posturais antecipatórios (SHUMWAY-COOK; WOOLLACOTT, 1985; SPANÒ et al., 1999; WADE; EMMERICK; KERNOZEK, 1995; PINTER et al. 2001; ULRICH et al., 2004; WEBBER et al., 2004; MENEGHETTI et al., 2009; GALLI et al., 2008; RIGOLDI et al., 2011). Estas características, frequentemente presentes em pessoas com SD, têm ocasionado déficits na manutenção do equilíbrio tanto em condições estáticas quanto dinâmicas (RIGOLDI et al., 2011).

Estudos têm demonstrado que pessoas com SD apresentam maior oscilação durante o equilíbrio estático (condições ântero-posterior e médio-lateral), quando comparadas com pessoas com desenvolvimento típico (MENEGHETTI et al., 2009; RIGOLDI et al., 2011; WEBBER et al., 2004). As oscilações corporais em indivíduos com SD se intensificam ainda mais quando uma informação proveniente de algum sistema sensorial, tal como o visual é retirada ou

manipulada (WADE; EMMERICK; KERNOZEK, 1995; WEBBER et al., 2004; MENEGHETTI et al., 2009). Contudo, pouca atenção tem sido voltada à análise do equilíbrio dinâmico em pessoas com SD. Apesar da contribuição das análises em posição ortostática (estáveis) em pessoas com SD, deve-se levar em consideração que a maioria das atividades do cotidiano envolve o equilíbrio dinâmico.

Uma das preocupações em se estudar o equilíbrio corporal é relativa à prevenção de quedas, principalmente, quando ocorrem mudanças posturais devido à perturbação. Contudo, embora muitos estudos tenham objetivado analisar o comportamento do equilíbrio em situações estáticas, a maior incidência de quedas ocorre em situações dinâmicas, as quais requerem uma interação mais complexa entre os sistemas responsáveis pelo controle postural. Por conseguinte, a análise de situações de instabilidade é importante para o entendimento das estratégias utilizadas pelo sistema de controle postural para a manutenção da estabilidade e orientação corporal. Além disso, não são totalmente conhecidos os efeitos da síndrome de Down no controle do equilíbrio dinâmico.

Em função do acima exposto, o presente estudo analisou o equilíbrio dinâmico em adolescentes com Síndrome de Down e em adolescentes com desenvolvimento típico. Este estudo pode contribuir no entendimento das estratégias de controle postural utilizadas para a manutenção do equilíbrio em adolescentes com síndrome de Down e adolescentes com desenvolvimento típico, fornecendo subsídios para intervenções realizadas por profissionais da área da saúde quanto à melhoria do equilíbrio.

Métodos

Amostra

Participaram do estudo 36 adolescentes com idade entre 12 e 17 anos, de ambos os sexos, sendo 14 com síndrome de Down (SD) e 22 com desenvolvimento típico (DT). Os adolescentes do grupo SD foram recrutados na Associação de Pais e Amigos de Portadores de Síndrome de Down (APS-DOWN) de Londrina, PR. Os adolescentes do grupo DT foram recrutados na Escola Basílio de Lucca da cidade de Ibiporã, PR. Os critérios de inclusão do estudo foram relacionados a faixa etária (entre 12 e 17 anos) e a ausência de comprometimentos neurológicos,

físicos ou lesões que impedissem a participação do adolescente no estudo. Os adolescentes com SD apresentaram um déficit intelectual de leve a moderado, de acordo com as indicações realizadas pela coordenação da APS-DOWN.

Tanto os adolescentes como os pais/responsáveis foram informados sobre os objetivos e procedimentos da pesquisa. Assim, ambos assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido autorizando a participação no estudo. O presente estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Estadual de Londrina, sob o protocolo nº 12663/11 e CAAE 0099.0.268.000-11.

Instrumentos/Equipamentos e Tarefa

O equilíbrio dinâmico foi analisado por meio de uma plataforma de equilíbrio dinâmico (OKAZAKI, 2010a) que consiste em uma prancha de madeira (40 cm de comprimento por 40 cm de largura e 1,5 cm de altura) sustentada por uma base semi-circular (4,4 cm de altura) colocada centralmente sob a prancha. Esta plataforma possui dois sensores eletrônicos acoplados em suas bordas laterais, direita e esquerda, que são responsáveis por captar os toques das bordas no chão. Os toques captados foram enviados para o *software Dynamic Balance Task* (DBT) (v.1.0) de Okazaki (2010b) por meio de um adaptador digital (Analog-to-Digital Adaptador for Laboratory Tasks) (OKAZAKI, 2009). No *software* DBT foram registrados os toques captados pelos sensores eletrônicos e por meio destes foram mensurados o tempo de equilíbrio sobre a plataforma e o número de erros (número total de toques no solo). Este *software* foi executado em um computador portátil da marca Acer® Aspire 4745Z.

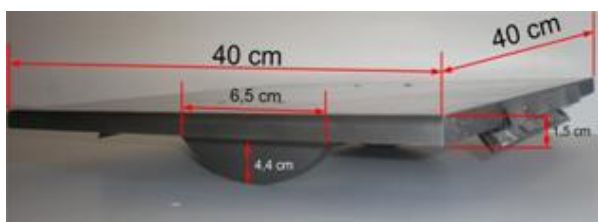


Figura 1. Plataforma de equilíbrio dinâmico

Os adolescentes tiveram que se manter em equilíbrio dinâmico por 15 segundos sobre a plataforma, nas seguintes condições: médio-lateral (Figura 2-A) com os pés afastados aproximadamente à largura do ombro, com visão (MLV) e sem visão (MLSV), e ântero-posterior, com os pés em posição semi-tandem (pés unidos

com um deles posicionado meio pé a frente do outro) (Figura 2-B) com visão (APV) e sem visão (APSV). Para a oclusão da visão nas condições “sem visão” foi utilizada uma venda de olhos.

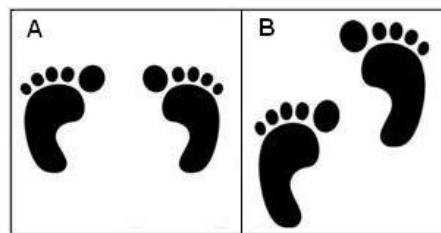


Figura 2. Representação esquemática da base de suporte com os pés paralelos na direção médio-lateral (A) e semi-tandem na direção ântero-posterior (B).

Procedimentos Experimentais

Os dados foram coletados de forma transversal por dois avaliadores experientes. O estudo foi composto por duas etapas. Na primeira etapa foram explicados os objetivos e procedimentos para os adolescentes e na etapa seguinte foi realizada uma tentativa com 10 segundos em cada condição experimental como forma de familiarização e, posteriormente, foram realizadas 3 tentativas de teste em cada condição experimental. As quatro condições experimentais (MLV, MLSV, APV, APSV) foram realizadas de forma individual por todos os participantes. A sequência das condições foi aleatorizada entre os participantes. Em todas as condições experimentais, dois avaliadores se colocaram ao lado do avaliado para fornecer segurança durante a realização da tarefa.

Nas condições MLV e MLSV, cada participante foi colocado em frente à plataforma de equilíbrio dinâmico, sendo orientado a colocar o pé direito sobre a borda direita da plataforma, mantendo o sensor eletrônico pressionado no solo, a seguir colocar o pé esquerdo sobre a borda esquerda, mantendo o peso do corpo ainda sobre a borda direita da plataforma, de forma que o eixo central da plataforma ficasse paralelo à base de suporte do participante (pés) (Figura 3-A). Posteriormente, foi instruído a tentar manter-se em equilíbrio sobre a plataforma por 15 segundos, evitando que as bordas laterais tocassem no solo. A tarefa iniciou quando um comando de voz foi dado. O *software* DBT iniciou a contagem dos toques de ambos os lados no solo, como também do tempo proposto para a tarefa, a partir do momento que o sensor eletrônico sob a borda direita perdeu o contato com o solo. Quando o tempo estipulado

se esgotou, o *software*, automaticamente, encerrou a contagem e o participante foi orientado a descer da plataforma.

Nas condições APV e APSV, cada participante foi colocado à frente da borda direita da plataforma de equilíbrio dinâmico, de forma que o eixo central da plataforma ficasse perpendicular à base de suporte do participante (pés). O participante foi orientado a colocar o pé esquerdo na borda inferior (borda direita), mantendo o sensor eletrônico pressionado no solo, e a seguir colocar o pé direito, unido ao pé esquerdo, meio pé à frente deste, caracterizando a posição semi-tandem. O participante foi orientado a manter o peso do corpo sobre a borda inferior, de forma que o joelho da perna direita ficasse levemente flexionado e a perna esquerda totalmente em extensão (Figura 3-B). Posteriormente, o participante foi instruído a tentar manter-se em equilíbrio sobre a plataforma por 15 segundos, evitando que as bordas, inferior (frente) e superior (trás), da plataforma tocassem no solo. As demais instruções foram semelhantes às realizadas nas condições MLV e MLSV.

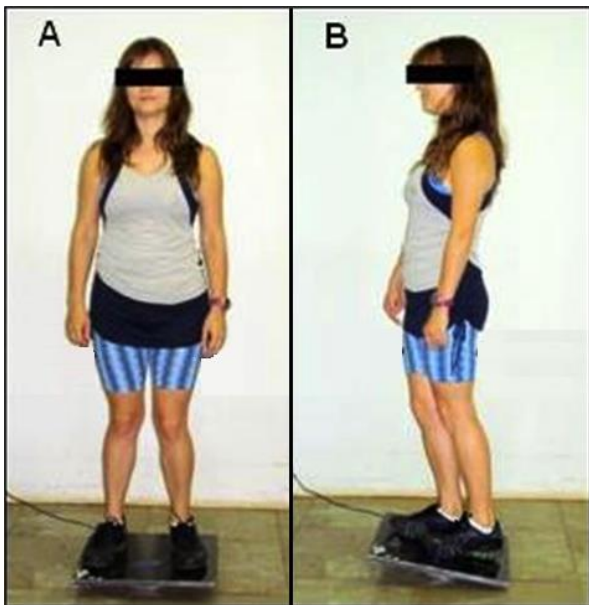


Figura 3. Condições experimentais na direção médio-lateral (A) e ântero-posterior (B).

Variáveis do Estudo

As variáveis independentes do presente estudo foram: a presença da Síndrome de Down (SD), a condição da base de apoio (Base) e a condição visual (Visão). As variáveis dependentes fornecidas pelo *software* DBT utilizadas no presente estudo foram: (a) tempo de equilíbrio absoluto (TEA) - tempo (em segundos) em que o

participante fica em equilíbrio sobre a plataforma sem que os sensores das bordas toquem o solo; (b) tempo médio em equilíbrio (TME) – tempo médio (em segundos) que o participante fica em equilíbrio sobre a plataforma; (c) número de toques total no solo (TOQ) - número total de toques (frequência absoluta) das bordas no solo (borda direita + esquerda ou borda inferior + superior); (d) maior tempo em equilíbrio (MaTE) – maior tempo (em segundos) de permanência em equilíbrio sobre a plataforma, sem que as bordas toquem o solo; (e) menor tempo em equilíbrio (MeTE) – menor tempo (em segundos) de permanência em equilíbrio sobre a plataforma, sem que as bordas toquem o solo.

Análise Estatística

Os dados foram submetidos ao teste de normalidade e homoscedasticidade de *Shapiro-Wilk* e *Hartley*, respectivamente. Em função da normalidade não ter sido verificada nos dados, foi utilizado o teste de *Wilcoxon* para verificar o efeito dos fatores Visão e Base, o teste de *Mann-Whitney U* para a comparação do grupo SD com o DT e o teste de *Anova* de *Friedman* seguido do teste de *Wilcoxon* para verificar e identificar as diferenças dentro de um mesmo grupo. As análises estatísticas foram realizadas no programa SPSS (v.19). Foi adotada significância de 5% ($P < 0,05$).

Resultados

Tempo de Equilíbrio Absoluto (TEA)

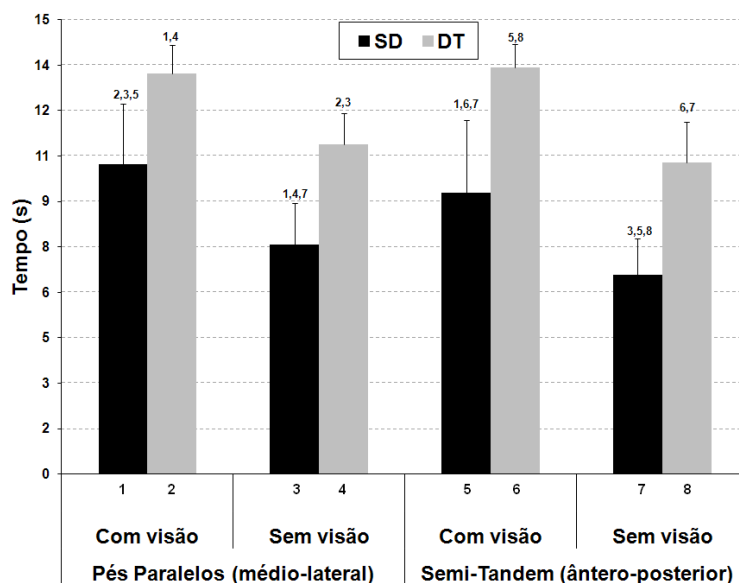
Para a variável TEA foi verificado efeito principal no fator Visão tanto para o grupo SD ($Z = -3,23$; $P = 0,001$) quanto para o grupo DT ($Z = -4,11$; $P < 0,001$). Os grupos SD e DT apresentaram maior TEA na condição com visão ($M = 9,8s$, $DP = 2,0$; $M = 13,3s$, $DP = 0,7$; respectivamente para SD e DT) em comparação à condição sem visão ($M = 7,1s$, $DP = 1,2$; $M = 10,6s$, $DP = 1,1$; respectivamente para SD e DT). Já o efeito principal no fator Base foi encontrado apenas para o grupo SD ($Z = -2,67$; $P = 0,008$). O grupo SD demonstrou maior TEA na base ML ($M = 8,9s$, $DP = 1,6$) em comparação à base AP ($M = 7,9s$, $DP = 1,7$).

A análise de variância demonstrou interação entre os fatores Visão e Base ($X^2_{(N=14; GL=3)} = 28,11$; $P < 0,001$) para o grupo SD na variável de TEA. Foi verificado maior TEA na base médio-lateral em comparação à base ântero-posterior, tanto na condição com visão ($Z = -2,17$; $P = 0,03$)

quanto na condição sem visão ($Z=-2,98$; $P=0,003$). As condições “com visão” apresentaram um maior TEA quando comparadas às condições “sem-visão”, tanto na base médio lateral ($Z=-3,23$; $P=0,001$) quanto na base ântero-posterior ($Z=-3,17$; $P=0,002$). No grupo DT houve interação entre os fatores Visão e Base ($X^2_{(N= 22; GL=3)}=52,9$; $P<0,001$), na variável de TEA. Foram verificados maiores TEA nas condições “com visão” do que nas condições “sem visão”, para as

bases médio-lateral ($Z=-4,11$; $P<0,001$) e ântero-posterior ($Z=-4,07$; $P<0,001$).

O teste de *Mann-Whitney U* demonstrou que o grupo DT apresentou maior TEA em comparação ao grupo SD em todas as condições experimentais ($Z<-4,6$; $P<0,001$). A Figura 4 apresenta o TEA, para os grupos SD e DT, nas quatro condições experimentais, assim como as diferenças entre os grupos e entre as condições dentro de um mesmo grupo.



Diferença significativa ($P<0,05$) entre as condições no SD (MLV¹, MLSV³, APV⁵, APSV⁷) e DT (MLV², MLSV⁴, APV⁶, APSV⁸).

Figura 4. Tempo de equilíbrio absoluto (TEA) dos grupos SD e DT, em função da manipulação da visão e da base de suporte.

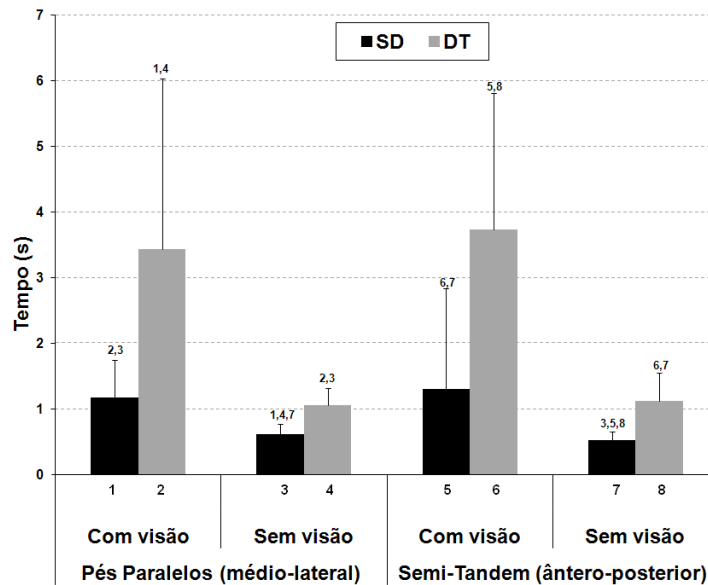
Tempo Médio de Equilíbrio (TME)

Para a variável TME, foi verificado efeito principal no fator Visão tanto para o grupo SD ($Z=-3,21$; $P=0,001$) quanto para o grupo DT ($Z=-4,11$; $P<0,001$). Os grupos SD e DT apresentaram maior TME na condição com visão ($M=1,2s$, $DP=1,0$; $M=3,6s$, $DP=2,2$; respectivamente para SD e DT) em comparação à condição sem visão ($M=0,6s$, $DP=0,1$; $M=1,1s$, $DP=0,3$; respectivamente para SD e DT). Não foi verificado efeito principal para o fator Base para ambos os grupos, SD ($Z=-0,91$; $P=0,36$) e DT ($Z=-0,88$; $P=0,38$).

A análise de variância demonstrou interação entre os fatores Visão e Base, para o grupo SD na variável TME ($X^2_{(N= 14; GL=3)}=24,28$; $P<0,001$). Foram verificados maiores TME na base médio lateral em comparação à base ântero-posterior na

condição sem visão ($Z=-2,41$; $P=0,016$); e, na condição com visão em relação à condição sem visão nas bases médio-lateral ($Z=-3,14$; $P=0,002$) e ântero-posterior ($Z=-3,23$; $P=0,001$). Também houve interação entre os fatores Visão e Base, na variável TME, para o grupo DT ($X^2_{(N= 22; GL=3)}=53,27$; $P<0,001$). Assim, foram verificados maiores TME nas condições com visão em relação à condição sem visão, tanto na base médio-lateral ($Z=-4,11$; $P<0,001$) quanto na base ântero-posterior ($Z=-4,11$; $P<0,001$).

A comparação entre grupos demonstrou maior TME para o grupo DT em comparação ao grupo SD em todas as condições experimentais ($Z<-4,2$; $P<0,001$). Figura 5 apresenta o TME, para os grupos SD e DT, nas quatro condições experimentais, bem como as diferenças entre os grupos e entre as condições dentro do grupo.



Diferença significativa ($P < 0,05$) entre as condições no SD (MLV¹, MLSV³, APV⁵, APSV⁷) e DT (MLV², MLSV⁴, APV⁶, APSV⁸).

Figura 5. Tempo médio de equilíbrio (TME) dos grupos SD e DT, em função da manipulação da visão e da base de suporte.

Número de Toques no Solo (TOQ)

Para a variável TOQ foi apresentado efeito principal no fator Visão tanto para o grupo SD ($Z = -2,27$; $P = 0,023$) quanto para o grupo DT ($Z = -4,11$; $P < 0,001$). Os grupos SD e DT apresentaram maior TOQ na condição sem visão ($M = 12,7$ toques, $DP = 1,9$; $M = 9,9$ toques, $DP = 1,5$; respectivamente para SD e DT) em comparação à condição com visão ($M = 10,2$ toques, $DP = 3,5$; $M = 4,6$ toques, $DP = 1,7$; respectivamente para SD e DT). O efeito principal no fator base foi encontrado apenas para o grupo DT ($Z = -2,35$; $P = 0,02$), enquanto que para o grupo SD não foi demonstrado efeito principal para o fator base ($Z = -0,09$; $P = 0,92$). O grupo DT demonstrou maior número de toques no solo na base ML ($M = 7,6$ toques, $DP = 1,6$) em comparação à base AP ($M = 6,9$ toques, $DP = 1,6$).

A análise de variância demonstrou interação entre os fatores Visão e Base, para o grupo SD na variável TOQ ($X_f^2(N=14; GL=3) = 10,9$; $P = 0,12$). Assim, foi verificado maior TOQ na condição sem visão em relação à condição com visão, na base médio-lateral ($Z = -2,48$; $P = 0,013$). Também houve interação entre os fatores Visão e Base, na variável TOQ, para o grupo DT ($X_f^2(N=22; GL=3) = 54,63$; $P < 0,001$). Desta forma, foram verificados maiores TOQ nas condições sem visão em relação à condição com visão, tanto na

base médio-lateral ($Z = -4,11$; $P < 0,001$) quanto na base ântero-posterior ($Z = -4,11$; $P < 0,001$).

Na comparação entre grupos, o grupo SD apresentou maior TOQ em comparação ao grupo DT em todas as condições experimentais ($Z < -3,18$; $P \leq 0,001$). A Figura 6 apresenta o TOQ, para os grupos SD e DT, nas quatro condições experimentais, assim como as diferenças entre os grupos e entre as condições dentro de um mesmo grupo.

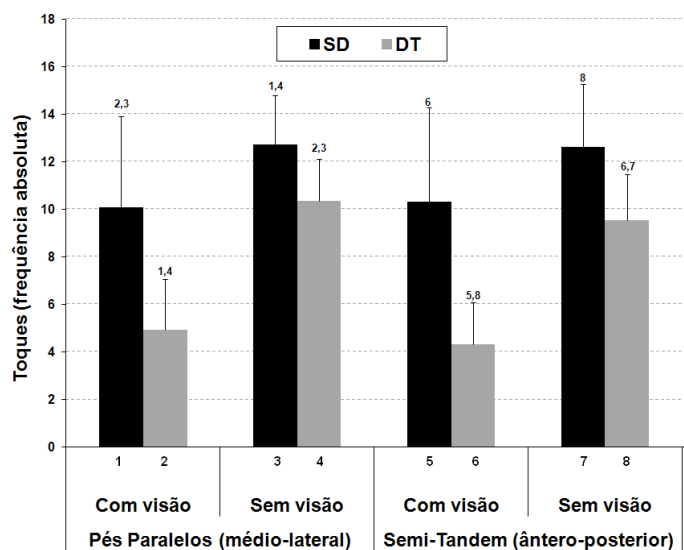
Maior tempo de equilíbrio (MaTE)

Para a variável MaTE foi verificado efeito principal no fator Visão tanto para grupo SD ($Z = -2,80$; $P = 0,005$) quanto para o grupo DT ($Z = -4,11$; $P < 0,001$). Os grupos SD e DT apresentaram maior MaTE na condição com visão ($M = 3,1s$, $DP = 1,8$; $M = 7,3s$, $DP = 2,2$; respectivamente para SD e DT) em comparação à condição sem visão ($M = 1,5s$, $DP = 0,3$; $M = 2,9s$, $DP = 0,8$; respectivamente para SD e DT). Não foi verificado efeito principal para o fator Base para ambos os grupos, SD ($Z = -0,18$; $P = 0,86$) e DT ($Z = -1,8$; $P = 0,07$).

A análise de variância demonstrou interação entre os fatores Visão e Base, para o grupo SD na variável MaTE ($X_f^2(N=14; GL=3) = 20,91$; $P < 0,001$). Assim, foram verificados maiores MaTE nas condições com visão em relação à condição sem visão, tanto na base médio-lateral ($Z = -3,18$;

$P=0,001$) quanto na base ântero-posterior ($Z=-2,98$; $P=0,003$). Também houve interação entre os fatores Visão e Base, na variável TOQ, para o grupo DT ($X_f^2(N=22; GL=3)=52,09$; $P<0,001$). Desta forma, foram verificados maiores MaTE nas

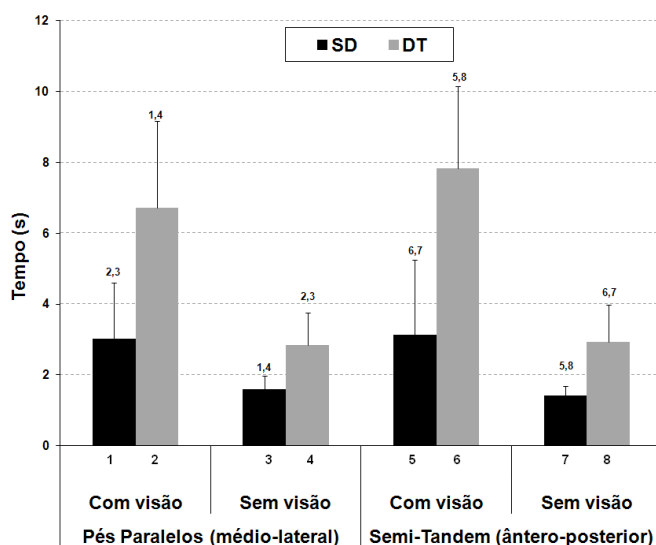
condições com visão em relação à condição sem visão, tanto na base médio-lateral ($Z=-4,11$; $P<0,001$) quanto na base ântero-posterior ($Z=-4,11$; $P<0,001$).



Diferença significativa ($P<0,05$) entre as condições no SD (MLV¹, MLSV³, APV⁵, APSV⁷) e DT (MLV², MLSV⁴, APV⁶, APSV⁸).

Figura 6. Número de toques no solo (TOQ) dos grupos SD e DT, em função da manipulação da visão e da base de suporte.

Na comparação entre grupos, o grupo DT apresentou MaTE maior em comparação ao grupo SD em todas as condições experimentais ($Z<-4,2$; $P<0,001$). A Figura 7 apresenta o MaTE, para os grupos SD e DT, nas quatro condições experimentais, assim como as diferenças entre os grupos e entre as condições dentro de um mesmo grupo.



Diferença significativa ($P<0,05$) entre as condições no SD (MLV¹, MLSV³, APV⁵, APSV⁷) e DT (MLV², MLSV⁴, APV⁶, APSV⁸).

Figura 7. Maior tempo de equilíbrio (MaTE) dos grupos SD e DT, em função da manipulação da visão e da base de suporte.

Menor tempo de equilíbrio (MeTE)

Para a variável MeTE foi apresentado efeito principal no fator Visão tanto para o grupo SD ($Z=-2,12$; $P=0,034$) quanto para o grupo DT ($Z=-$

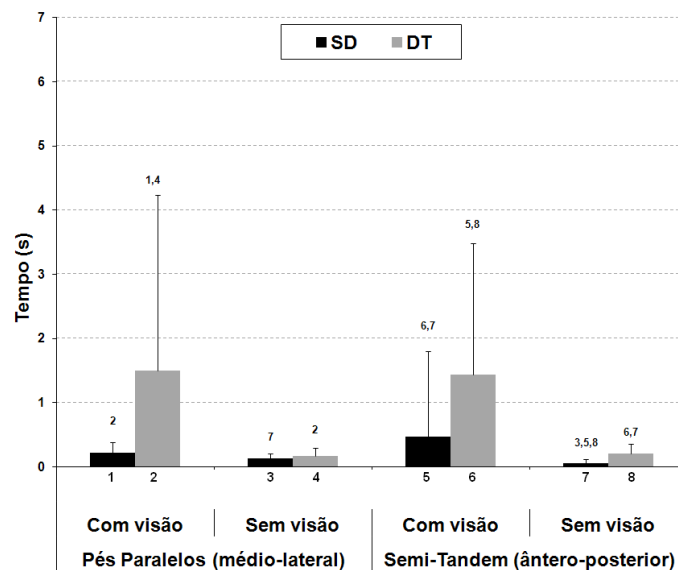
$3,75$; $P<0,001$). Os grupos SD e DT apresentaram MeTE maior na condição com visão ($M=0,3s$, $DP=0,7$; $M=1,5s$, $DP=2,3$; respectivamente para SD e DT) em comparação à condição sem visão

($M=0,1s$, $DP=0,05$; $M=0,2s$, $DP=0,1$; respectivamente para SD e DT). Não foi verificado efeito principal para o fator Base para ambos os grupos, SD ($Z=-1,2$; $P=0,23$) e DT ($Z=-0,9$; $P=0,38$).

A análise de variância demonstrou interação entre os fatores Visão e Base, para o grupo SD na variável MeTE ($X_f^2 (N=14; GL=3)=12,48$; $P=0,006$). Foi verificado MeTE maior na base médio-lateral em comparação à ântero-posterior na condição sem visão ($Z=-2,63$; $P=0,008$). O MeTE também foi maior na condição “com visão” em comparação à condição “sem visão” na base ântero-posterior ($Z=-2,32$; $P=0,02$). Também houve interação entre os fatores Visão e Base, na variável MeTE, para o

grupo DT ($X_f^2 (N=22; GL=3)=29,93$; $P<0,001$). Assim, foram verificados MeTE maiores nas condições com visão em relação à condição sem visão, tanto na base médio-lateral ($Z=-3,61$; $P<0,001$) quanto na base ântero-posterior ($Z=-3,88$; $P<0,001$).

Na comparação entre grupos, o grupo DT apresentou MeTE maior em comparação ao grupo SD nas condições experimentais MLV, APV e APSV ($Z<-2,8$; $P<0,005$). A Figura 8 apresenta o MeTE, para os grupos SD e DT, nas quatro condições experimentais, assim como as diferenças entre os grupos e entre as condições dentro de um mesmo grupo.



Diferença significativa ($P<0,05$) entre as condições no SD (MLV¹, MLSV³, APV⁵, APSV⁷) e DT (MLV², MLSV⁴, APV⁶, APSV⁸).

Figura 8. Menor tempo de equilíbrio (MeTE) dos grupos SD e DT, em função da manipulação da visão e da base de suporte.

Discussão

O presente estudo analisou o equilíbrio dinâmico em adolescentes com Síndrome de Down (SD) e em adolescentes com desenvolvimento típico (DT). Para tal, foi utilizada uma plataforma de equilíbrio dinâmico, na qual os participantes tinham que se equilibrar em condições com a manipulação da base de suporte (direção médio-lateral e ântero-posterior) e da informação visual (com e sem visão).

A perturbação do equilíbrio dinâmico (oscilação da plataforma de equilíbrio) demonstrou que a base de apoio utilizada proporcionou maior TEA para o SD na condição ML em relação a AP. As demais variáveis não demonstraram alteração no SD, em função da

direção da perturbação na base de suporte. O melhor equilíbrio na condição médio-lateral foi explicado pelo fato de que na condição AP a estratégia do tornozelo poderia estar mais presente que a estratégia do quadril. Entretanto, na condição ML o grupo SD utilizaria mais a estratégia do quadril, necessitando de uma menor ativação muscular, quando comparada à estratégia do tornozelo (RUNGE et al., 1999), facilitando assim o maior ajuste postural diante das perturbações no equilíbrio.

O grupo DT apenas demonstrou efeito da perturbação do equilíbrio na direção ML da base de suporte na variável número de toques da borda da plataforma no chão (TOQ), em que houve maior TOQ na condição ML em comparação à

condição AP. Desta forma, este maior número de TOQ sugere que na condição ML houve maior número de ajustes posturais durante a instabilidade proporcionada pela plataforma de equilíbrio do que na AP, uma vez que o desempenho em ambas as condições foram semelhantes. Tal resultado corrobora com a explicação anterior que aponta uma maior facilidade na realização de ajustes posturais, frente à instabilidade fornecida pela plataforma, na condição experimental ML em comparação à AP. Nas demais variáveis, os desempenhos entre as condições médio-lateral e ântero-posterior foram semelhantes no DT.

A visão também demonstrou influenciar no equilíbrio dos adolescentes de ambos os grupos, SD e DT. Quando a visão foi ocluída, os adolescentes dos grupos SD e DT apresentaram baixos desempenhos em comparação às condições experimentais “com visão”, devido aos menores tempos de equilíbrio absoluto e ao maior número de toques das bordas da plataforma no solo. Por conseguinte, a importância do sistema visual no controle postural foi evidenciada no presente estudo, assim como foi demonstrado na redução no equilíbrio estático com a oclusão da visão tanto em pessoas com Síndrome de Down (WADE; EMMERICK; KERNOZEK, 1995; WEBBER et al., 2004; GOMES; BARELA, 2007; MENEGETTI et al., 2009), quanto em pessoas com desenvolvimento típico (OIE; KIEMEL; JEKA 2002; FREITAS; BARELA, 2006). Salienta-se que a ausência da informação visual ocasionou maior prejuízo para o equilíbrio do grupo SD, em comparação ao DT.

Gomes e Barela (2007) ao analisarem adultos com e sem SD, por meio de uma plataforma de força, verificaram que ambos utilizam da informação visual para reduzir as oscilações do corpo, sendo que adultos com SD apresentaram maiores oscilações corporais que adultos sem a síndrome (GOMES; BARELA, 2007). Os resultados encontrados no presente estudo sobre a importância da informação visual corroboram com estudos realizados em situações de equilíbrio dinâmico em pessoas com desenvolvimento típico (BUCHANAN; HORAK, 1999; POZZO; LEVIK; BERTROZ, 1995) e em pessoas com SD (SHUMWAY-COOK; WOOLLACOTT, 1985), os quais verificaram um aumento na contribuição do sistema visual na permanência em superfícies instáveis.

Uma das possíveis explicações para o baixo desempenho dos grupos SD e DT, com a oclusão da visão, seria a maior dependência do sistema visual em situações dinâmicas, uma vez que o controle postural atribui valor de importância a cada tipo de informação sensorial dependendo, basicamente, do contexto em que a tarefa postural é realizada (MENEGETTI et al. 2009). De fato, a visão tem sido considerada uma das principais fontes de informação sensorial para o equilíbrio (BUCHANAN; HORAK, 1999; SHUMWAY-COOK; WOOLLACOTT, 2003), principalmente em situações dinâmicas (BUCHANAN; HORAK, 1999; POZZO; LEVIK; BERTROZ, 1995) ou com aplicação de alguma forma de perturbação (SHUMWAY-COOK; WOOLLACOTT, 1985).

Outra possível explicação seria referente à maior percepção de segurança na realização da tarefa de equilíbrio dinâmico nas condições em que a visão era presente, em comparação às condições sem a informação visual. Realmente, durante as coletas de dados os adolescentes com SD demonstraram bastante insegurança para subir na plataforma sem o apoio de um avaliador, mesmo na condição com visão, sendo necessária mais de uma tentativa de familiarização para alguns adolescentes com SD. Assim, quando foi realizada a tarefa nas condições com a oclusão da visão esta insegurança aumentava, pois muitos pediam para que os avaliadores ficassem com os braços estendidos próximos aos seus corpos e enquanto não se sentiam seguros não iniciavam a tarefa. O grupo DT, embora tivesse demonstrada mais insegurança na condição sem visão, não apresentou resistência para realizar a tarefa de equilíbrio dinâmico nas condições em que a visão foi ocluída.

O desempenho inferior do grupo SD em relação ao DT, também descrito por Gomes e Barela (2007), pode ser devido à maior dependência, por parte das pessoas com Síndrome de Down, das informações visuais do que das demais informações sensoriais durante uma situação de equilíbrio dinâmico (SHUMWAY-COOK; WOOLLACOTT, 1985). Também, pode ser decorrente da maior rigidez articular e aumento na oscilação corporal na ausência de visão em pessoas com Síndrome de Down, (WEBBER et al., 2004).

O presente estudo também demonstrou o equilíbrio dinâmico dos adolescentes com SD

com desempenho inferior ao dos adolescentes com desenvolvimento típico (DT). O melhor desempenho do grupo DT foi verificado pelo maior TEA, TME, MaTE e MeTE, bem como pelo menor número de toques das bordas da plataforma no solo (TOQ) nas condições experimentais analisadas, quando comparados ao grupo SD, com exceção da condição MLSV na variável MeTE, na qual ambos os grupos apresentaram desempenhos semelhantes.

A variável TEA expressa a eficácia do equilíbrio corporal dos participantes nas diferentes condições de equilíbrio realizadas. Sendo assim, o DT apresentou melhor equilíbrio corporal que o SD. Tais resultados podem ser confirmados pela variável MaTE, que reflete a eficiência e melhor desempenho do DT em comparação ao SD. Ou seja, o DT apresentou melhor capacidade de equilibrar-se nas diferentes condições, adaptando-se às diferentes necessidades das tarefas. Portanto, os maiores escores de TEA e MaTE do grupo DT demonstra que os adolescentes com desenvolvimento típico apresentaram um melhor desempenho na manutenção do equilíbrio sobre a plataforma do que o SD. O equilíbrio mais debilitado em pessoas com SD em comparação com pessoas com desenvolvimento típico tem sido demonstrado por vários estudos, a maioria deles realizados em situações estáticas (VUILLERME; MARIN; DEBU, 2001; WEBBER et al., 2004, MENEGHETTI et al., 2009). Contudo, as pessoas com SD podem apresentar um menor equilíbrio corporal, também, em condições dinâmicas (SHUMWAY-COOK; WOOLLACOTT, 1985; RIGOLDI et al., 2011), como demonstrado pelo presente estudo.

O déficit na manutenção do equilíbrio apresentados por pessoas com SD pode ser explicado pelas características que podem estar presentes nestes indivíduos, tais como a hipotonia muscular, frouxidão ligamentar, co-contracção agonista-antagonista e dificuldade no relacionamento percepção-ação (SPANÒ et al., 1999; WADE; EMMERICK; KERNOZEK, 1995; ULRICH et al., 2004; WEBBER et al., 2004, MENEGHETTI et al., 2009; GALLI et al., 2008). Desta forma, os menores TEA e MaTE no grupo SD podem ser decorrentes da presença de algumas destas características nos adolescentes com SD participantes deste estudo. Estas características podem ter influenciado também nos menores valores do SD na variável MeTE.

O MeTE representa o quanto as perturbações influenciam no desempenho, bem como a capacidade para realizar os ajustes necessários para manter a estabilidade postural quando o sistema é perturbado. Desta forma, os adolescentes do grupo SD apresentaram menor capacidade de realizar correções posturais do que o DT nas condições MLV, APV e APSV. Mas, na condição MLSV, ambos os grupos apresentaram desempenhos semelhantes. Assim, esta semelhança no desempenho de ambos os grupos pode ser explicado pelo fato de que na condição ML os adolescentes de ambos os grupos podem ter utilizado mais a estratégia de quadril para restabelecer o equilíbrio. Sendo assim, a estratégia de quadril permitiria um maior ajuste postural diante das perturbações na base de suporte, fato que poderia ser explicado pelo maior número de toques, demonstrados no grupo DT na condição ML, o que poderia levar a um menor MeTE na variável MLSV, de forma que o equilíbrio nesta condição se tornasse semelhantes entre os grupos.

Nas demais condições, os MeTE menores no grupo SD podem ser consequências de muitos fatores, como um atraso nas respostas às perturbações e uma menor capacidade em se adaptar (SHUMWAY-COOK; WOOLLACOTT, 1985), bem como uma dificuldade no acoplamento percepção-ação (WADE; EMMERICK; KERNOZEK, 1995; VUILLERME; MARIN; DEBU, 2001; WEBBER et al., 2004). Shumway-Cook e Woollacott (1985) analisaram as respostas posturais automáticas de crianças com SD de 4 a 6 anos durante perturbações em suas bases de suporte geradas por uma plataforma móvel (translocação). Foram observados padrões normais de respostas posturais, mas com uma grande latência para o início da resposta, o que resultou em um aumento na oscilação e, algumas vezes, em perda no equilíbrio. Também, foi observada entre essas crianças com SD uma dificuldade de adaptação às mudanças do ambiente e dificuldade de utilização das reações antecipatórias.

Estes resultados encontrados por Shumway-Cook e Woollacott (1985) podem auxiliar na compreensão do menor MeTE do grupo SD, ou seja, como a base da plataforma de equilíbrio é instável, causa uma constante perturbação no controle postural, com isso, é necessária uma rápida correção postural para restabelecer o equilíbrio e evitar a queda. Deste modo, como o

MeTE foi menor no grupo SD sugere-se que estes apresentaram uma capacidade menor de reagir rápido frente às perturbações na base, a fim de restabelecer o equilíbrio, em comparação ao DT. Esta menor capacidade de restabelecer o equilíbrio pode ser utilizada para explicar o maior TOQ no SD em relação ao DT.

O TOQ representa o total de vezes que o sistema postural perde a instabilidade. Sendo assim, o grupo SD apresentou maior instabilidade no equilíbrio do que o DT, pois apresentou um maior número de toques das bordas da plataforma no solo. Tal fato, foi verificado pelas variáveis TEA, MaTE e MeTE, apresentadas anteriormente. Assim, como o grupo SD apresentou um pior TEA, MaTE e MeTE, apresentou como consequência o maior TOQ. Portanto, os adolescentes com SD apresentaram uma menor eficiência no desempenho da tarefa de equilíbrio sobre a plataforma devido a uma maior instabilidade, o que pode ser confirmado pela variável TME.

A variável TME representa a eficiência na manutenção do equilíbrio. Sendo assim, confirmando os resultados das outras variáveis do estudo, o DT apresentou maior eficiência na manutenção do equilíbrio sobre a plataforma, pois apresentou um maior TME quando comparados ao grupo SD, em todas as condições experimentais. Portanto, foi verificado neste estudo um melhor desempenho nas tarefas de equilíbrio dinâmico sobre a plataforma de equilíbrio no grupo DT em comparação ao SD.

Este estudo apresenta como principal limitação o número de participantes na amostra e as características particulares de cada participante do grupo SD. Neste contexto, sugere-se que novos estudos sejam realizados envolvendo a análise do equilíbrio dinâmico de pessoas com SD e com um número amostral maior, e melhor classificação em função das alterações proporcionadas pela síndrome, a fim de compreender quais as estratégias posturais utilizadas para a manutenção da estabilidade e orientação postural.

Conclusão

O grupo DT apresentou melhor equilíbrio dinâmico que o grupo SD, verificado pelo maior TEA, TME, MaTE, MeTE, assim como um menor número de toques das bordas da plataforma de equilíbrio no solo (TOQ) quando comparado ao

grupo SD, com exceção da condição MLSV na variável MeTE, na qual ambos os grupos apresentaram desempenhos semelhantes. O desempenho inferior dos adolescentes com SD foi explicado pelas características particulares encontradas na síndrome de Down, tais como: hipotonia muscular, frouxidão ligamentar e a dificuldade na integração percepção-ação. Tais características podem levar a uma menor capacidade de reagir rápido frente às perturbações no controle postural.

Nas condições em que a visão foi ocluída ambos os grupos, SD e DT, apresentaram piores desempenhos quando comparados as condições com visão. Contudo, o grupo SD apresentou uma maior instabilidade no equilíbrio nas condições sem visão em relação às com visão. O melhor desempenho do grupo DT nas condições sem visão em relação ao grupo SD sugere que os adolescentes com SD apresentam maior dependência do sistema visual no controle do equilíbrio dinâmico durante perturbações na base de suporte.

O presente estudo salienta a necessidade de intervenções realizadas por profissionais da área da saúde quanto à melhoria do equilíbrio. Desta forma, sugere-se que mais atividades envolvendo o equilíbrio dinâmico sejam realizadas com ambos os grupo, principalmente com os adolescentes com SD, para que estes alcancem melhores desempenhos em tarefas envolvendo equilíbrio dinâmico, tais como a caminhada, brincadeiras, jogos, etc., e que apresentem uma maior independência em atividades da vida diária, de forma a diminuir a incidência de quedas diante de perturbações no controle postural.

Referências

- BARELA, J. A. Estratégias de controle em movimentos complexos: Ciclos de percepção-ação no controle postural. **Revista Paulista de Educação Física**. São Paulo, v. 14, supl.3, p.79-90, 2000.
- BUCHANAN, J.J.; HORAK, F. B. Emergence of postural patterns as a function of vision and translation frequency. **Journal Neurophysiology**. Bethesda, v. 81, n.5, p.2325-2339, 1999.
- DUARTE, M. **Análise estabilográfica da postura quase-estática**. 2000. 87 f. Tese (Livre docência na área de Biomecânica) – Escola de Educação Física e Esporte, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2000.

- FREITAS, B. J.; BARELA, J. A. Alterações no funcionamento do sistema de controle postural de idosos. Uso da informação visual. **Revista Portuguesa de Ciência do Desporto**. Porto, v. 6, n. 1, p.94-105, jan., 2006.
- GALLI, M.; RIGOLDI, C.; BRUNNER, R.; VIRGI-BABUL, N.; GIORGIO, A. Joint stiffness and gait pattern evaluation in children with Down syndrome. **Gait & Posture**. Oxford, v. 28, n. 3, p.502-506, out., 2008.
- GOMES, M. M.; BARELA, J. A. Postural control in Down syndrome: the use of somatosensory and visual information to attenuate body sway. **Motor Control**. Champaign, v. 11, n. 3, p.224-234, jul., 2007.
- HORAK, F. B. Postural orientation and equilibrium: What do we need to know about neural central of balance to prevent falls. **Age and Ageing**. Oxford, v. 35, supl. 2, p.117-121, set., 2006.
- HORAK, F. B.; MACPHERSON, J. M. Postural Orientation and equilibrium. In: ROWELL, L.B.; SHERPHERD, J.T. (ed.) **Handbook of physiology: A critical, comprehensive presentation of physiological knowledge and concepts**. New York: Oxford American Physiological Society, p.255-292, 1996.
- MENEGHETTI, C. H. Z.; BLASCOVI-ASSIS, S. M.; DELOROSO, F. T.; RODRIGUES, G. M. Avaliação do equilíbrio estático de crianças e adolescentes com síndrome de Down. **Revista Brasileira de Fisioterapia**. São Carlos, v. 13, n. 3, p.230-235, mai./jun., 2009.
- OIE, K.S; KIEMEL, T; JEKA, J.J. Multisensory fusion: simultaneous re-weighting of vision and touch for control of human posture. **Cognitive Brain Research**. Bethesda, v. 14, n. 1, p.164-176, jun., 2002
- OKAZAKI, V. H. A. **Analog-to-Digital Adaptor for Laboratory Tasks (v.1.5)**. Hardware para transformar sinal analógico em digital para tarefas laboratoriais. Londrina, 2009. Disponível em: <<http://okazaki.webs.com>>. Acesso em 04 set. 2011.
- OKAZAKI, V. H. A. **Plataforma de Equilíbrio Dinâmico**. Hardware que consiste em uma plataforma com base instável para a análise do equilíbrio dinâmico. Londrina, 2010a. Disponível em: <<http://okazaki.webs.com>>. Acesso em: 04 set. 2011.
- OKAZAKI, V. H. A. **Dynamic Balance Task (v.1.0)**. Software ligado à Plataforma de Equilíbrio Dinâmico para a análise do equilíbrio. Londrina, 2010b. Disponível em: <<http://okazaki.webs.com>>. Acesso em: 04 set. 2011.
- PINTER, J.; ELIEZ, S.; SCHMITT, J. E.; CAPONE, G. T.; REIS, A. L. Neuro anatomy of Down's syndrome: A high-resolution MRI study. **The American Journal Psychiatry**. Bethesda, v. 158, n. 10, p.1659-1665, 2001.
- POZZO, T; LEVIK, Y; BERTHOZ, A. Head and trunk movements in the frontal plane during complex dynamic equilibrium tasks in humans. **Experimental Brain Research**. Berlin, v. 106, n. 2, p.327-338, 1995.
- RIGOLDI, C.; GALLI, M.; MINARDI, L.; CRIVELLINI, M.; GIORGIO, A.. Postural control in children, teenagers and adults with Down syndrome. **Research in Develop Mental Disabilities**. Oxford, v. 32, n. 1, p.170-175, jan./fev., 2011.
- RUNGE, C. F; SHUPERT, C. L.; HORAK, F. B.; ZAJAC, F. E. Ankle and hip postural strategies defined by joint torques. **Gait & Posture**. Oxford, v. 10, n. 2, p.161-170, out., 1999.
- SHUMWAY-COOK, A.; WOOLLACOTT, M. **Controle Motor: Teoria e aplicações práticas**. São Paulo: Manole, 2003.
- SHUMWAY-COOK, A.; WOOLLACOTT, M. H. Dynamics of postural control in child with Down syndrome. **Physical Therapy**. Alexandria, v. 65, n. 9, p.1315-1322, set., 1985.
- SPANÒ, M.; MERCURI, E.; RANDÒ, T.; PANTÒ, T.; GAGLIANO, A.; HENDERSON, S.; GUZZETTA, F. Motor and perceptual-motor competence in children with Down syndrome: variation in performance with age. **European Journal of Pediatric Neurology**. London, v. 3, n. 1, p.7-13, 1999.
- ULRICH, B. D.; HAEHL, V.; BUZZI, U. H.; KUBO, M.; HOLT, K. G. Modeling dynamic resource utilization in populations with unique constraints: Preadolescents with and without Down syndrome. **Human Movement Science**. Amsterdam, v. 23, n. 2, p.133-156, set., 2004.
- VUILLERME, N.; MARIN, L.; DEBU, B. **Adapted Physical Activity Quarterly**. Champaign, v. 18, n. 4, p.417-433, 2001.
- WADE, M. G.; LINDQUIST, R.; TAYLOR, J. R.; TREAT-JACOBSON, D. Optical flow, spatial orientation, and the control of posture in the elderly. **Journal of Gerontology**. Washington, v. 50B, n. 1, p.51-54, jan., 1995.
- WEBBER, A.; VIRJI-BABUL, N.; EDWARDS, R.; LESPERANCE, M. Stiffness and postural stability

in adults with Down syndrome. **Experimental Brain Research**. Berlin, v. 155, n. 4, p.450-458, fev., 2004.

Agradecimentos:

Ao MEC/SeSu pela bolsa do Programa de Educação Tutorial da Educação Física (PET-EF) concedida à primeira autora e ao último autor durante a realização do estudo.

Endereço:

Victor Hugo Alves Okazaki
Departamento de Educação Física - UEL
Rodovia Celso Garcia Cid Km 380
Londrina PR Brasil
86051-990
Telefone/Fax: (43) 3371-5857
e-mail: vhaokazaki@gmail.com

Recebido em: 19 de março de 2012

Aceito em: 19 de abril de 2013.



Motriz. Revista de Educação Física. UNESP, Rio Claro, SP, Brasil - eISSN: 1980-6574 - está licenciada sob [Creative Commons - Atribuição 3.0](https://creativecommons.org/licenses/by/3.0/)